

PB-237 734-T

INTERRELATIONSHIPS BETWEEN AIR POLLUTION
AND GREEN SPACES AS CRITERIA FOR
PROTECTING INDUSTRIAL CITIES

Cornelia Berindan

Environmental Protection Agency
Research Triangle Park, North Carolina

1969

DISTRIBUTED BY:

NTIS

National Technical Information Service
U. S. DEPARTMENT OF COMMERCE

Pollution Atmospherique, 1969, 11(43): 143-153

INTERRELATIONSHIPS BETWEEN AIR POLLUTION* AND GREEN SPACES
AS CRITERIA FOR PROTECTING INDUSTRIAL CITIES.

by

Cornelia Berindan
Institut d'Hygiene de Cluj., Romania

Under present industrial and urban conditions,
two courses of actions are called for in the prevention of
air pollution:

- the application of technological methods aiming
at retaining pollutants at their very source; and
- urbanization measures specified in the plans for
developing cities.

In this document, we are going to discuss one of the
aspects of the latter: the protection of cities against air
pollution resulting from industrial sources, by means of green
spaces.

At present, many authors advocate the necessity of
setting up an area which separates the industries which pollute
the air from the other urban sectors (20, 24, 35). This zone
must be included in planning the cities of some countries
(13,51). The idea of planting that zone aims at increasing
efficiency in terms of protection, and consequently at decreasing
its area which is a basic advantage considering that the shortage
of urban lands has become general. Figure 1 shows the schemes of
three industrial cities of the URSS where planting the zone of

.....
Translated for A.P.T.I.C. by Mundus Systems, Inc., Washington, D.C.

sanitary protection ensures a sound and hygienic ratio for the implantation of industry-residential zones structures.

These "green strips" are recognized as an efficient means of control, even by those authors who do not take into consideration the notion of "sanitary protection zone" (7, 12, 38, 52). They refer to the scheme of the linear city suggested by Milijutin for developing the city of Volgograd, as one of the best solutions of urban zoning (25, 35, 40) in which one of the basic elements is the "green barrier" (fig. 2).

However the results obtained through the planning of protective green spaces, as well as some legislative texts in force show that so far the projects for planting control zones have not used up all of the possibilities made available through the implementation of acquired knowledge in this field, and that the hygienic and sanitary measures which are to determine the structure of these spaces have not been spelled out in an adequately clear and specific manner (4, 18, 26, 28, 29).

In order to elaborate these principles on a scientific basis, it is necessary to know the phenomena which are produced in the atmosphere of control zones: the plants are reacted upon by polluted air, and they in turn modify the characteristics of the atmospheric air and even of the polluted air sometimes.

Consequently, plants which are meant for planting control zones must correspond to two essential purposes: they must be proof-species, that is to say that they must resist to and grow in polluted air, and in turn react on the air. Thereby the necessity of knowing the results of research carried out along the following three lines:

- a) the action of polluted air on plants;
- b) the action of plants on atmospheric air in general;
- c) the action of plants on polluted air more specifically.

a) As regards the first of these problems, i.e. the phytotoxic action of some air pollutants, it has been recognized for a century. The results of a tremendous amount of research may be used to select many proof-species for planting control zones. Table Annex I shows pollutants known for their phytotoxic properties. It is necessary to note that this is a field which expands continuously as a result of new data, which might lead to regrouping the elements of this table. This is the case for dusts from cements. Their aggressive action, unknown or questioned has been demonstrated after long and careful research (14, 15, 16, 17, 19).

As regards the acquired knowledge on phytotoxic pollutants, let us refer to the remarkable handbooks written by Thomas (52, 54) and by Brandt (8, 9) in the United States.

The sensitivity of these plants leads to the assumption

that they could be used as indicators of air pollution (21, 23). In the case of CO_2 , it seems even possible to outline the distribution of the pollutant on a map of the lesions produced to plants by the pollutant. In support of our statement, we are giving four cases, taken from studies carried out in the United States, the Netherlands, Czechoslovakia and in Romania (31, 43, 30, 37), (fig. 3, 4, 5 and 6). Note the extension of the affected zone in the direction of the valley's axis (fig. 3 and 6) corresponding to the extension of the compass-card in these situations.

In order to obtain adequate material for planting control zones and ensure the growth of plants under different climatic conditions, we have made a comparative study of data from many European countries. It's a question of general resistance of plants to the mixture of pollutants produced by industries and composed of SO_2 , smoke, etc. (5, 6, 32, 36, 37, 47, 48, 59).

The results are shown on table II. It is necessary to note that there is also a specific resistance for each plant to some given pollutant. For the main pollutants, table-guides are to be drawn up on the basis of this specific resistance, similarly to what has been tried in the United States, for the purpose of determining the damages incurred (experiments made by O'Gara) (52).

b) From the hygienic standpoint, many studies have also been carried out on the possible action of plantings on some given characteristics of atmospheric air (temperature, humidity, etc.) (6, 7, 12, 25, 27, 59). In this framework reference is made to the handbook published recently by Luntz (36). Since these results are well known, we will only deal here with the aspects directly linked to air pollution.

c) A lesser amount of good in-depth study has been made of the mode of action of green spaces on polluted air, on the other hand. We must however specify, right from the start, that the action of plants cannot be dealt with isolately. In order to have a real action, plants must be taken as a whole, because their role is almost nil isolately.

Hence, we can specify two possible courses of action:

- the action of plantings on polluted air through particles (dusts originating from various sources);
- the action of plants on polluted air through substances in gaseous state.

The main aspects of the first point are: decrease in the speed of the wind, collecting dust by leaves, and also the action of the local air movements which are made up.

The decrease in the speed of wind is more efficient in the case of "openwork" plantings which lead to the fragmentation of the draught reaching the green spaces, and consequently it breaks down into smaller draughts (59). These go across the planted lot where they are subject to a filtering action which, by decrease in general speed, accelerate the sedimentation process

of the heaviest particles.

The property of leaves to retain dust is a function of the roughness of their surface. Table III indicates some of the species for which the retention has been tested. This ability is much less in winter. To ensure continuous action, the species of Table III must be combined with coniferae; yet, considering that the latter are highly sensitive, this combination is no longer efficient in cases of mixtures of dusts with SO₂, for example.

Some air pollution studies have focussed on the third aspect of dust retention by plants which is the action of swirl of suction, in view of their property for directing pollutants from top to bottom at the level of the respiratory tract. This type of draught is made up behind any barrier which is high enough to hinder the main direction of the wind (22, 39, 56), (fig. 7). It is also thought that by using this property, it is possible for dusts carried by the wind behind strips to be drained at the level of the land. In cases of thick clumps, however the reverse result may be obtained: the current brings the dusts on the targets that are to be protected (4). Hennebo has referred to that effect as the results of his own findings (25). By trying to use these currents, one tries to group the plantings in order to obtain cross-sections with varied profiles (fig. 9).

PLANTS KNOWN FOR THEIR CAPACITY OF DUST RETENTION

As regards the action of green spaces on gaseous pollutants, it is much less known since research aiming at determining it has been more restricted and more recent. It must be noted that, the more the research is recent, the more they are interested in biochemical changes occurring in plants, in order to better understand the mechanism of action of these changes (3, 10, 53, etc.).

So far, the retention of sulphureous gaz, fluorine, hydrogen sulphide, and nitrogen oxides has been established (6, 7, 12, 28, etc.). Of all these mechanisms of action SO_2 is very well known, its diagram is shown on table IV (53). This table explains the absorption process of sulfur by plants, wherein it can pile up to a given level, which once exceeded, entails the deterioration of the plant.

In so far as the fluorine is concerned, its penetration and accumulation in orange leaves (11) and in some vegetables have been studied (5). In fodder plants, the accumulation of fluorine sometimes reaches such levels which cause fluorosis in animals which feed upon it. Recent experimental research on accumulation of chlorine have shown that, for three species of plants, this accumulation is absent, regardless of the concentration of chlorine in the medium (10).

Research on this matter is carried out for two purposes: on one hand to widen the range of pollutants studied, as a result of the extreme diversification of modern industries; on the other hand, to create experimental conditions as close as possible to actual conditions, for in-depth studies of retention processes and individual reactivity of various plants (1, 47).

We will mention only briefly the role of green spaces in abating noise (4, 6, 7, 36), generated by industrial sources, as well as their less obvious role in the control of air pollution through smells (34).

From the above facts, some guiding concepts may be derived for the planning of green spaces for sanitary protection:

- a) the necessity of a correlation between the type and the concentration of the pollutant and the degree of resistance of plants;
- b) the necessity, in some countries, of checking, through research and experimentation the findings on the resistance of plants, since the uncontrolled implementation of the findings could lead to erroneous or inefficient solutions;
- c) for each situation, the degree of toxicity of the pollutant or of the mixture of pollutants must be known in order to select species which have adequate specific resistance;
- d) in so far as the height of the plantings are concerned, in the first place, it must be recommended to plant

trees, shrubs or/and to plant some turfs only to supplement their retention capacity. In the last analysis, flowers are used for decorating roads. The same applies to fruit-trees, provided however that they are resistant and are not exposed to accumulation of toxics, otherwise planting them will be useless, costly and sometimes even dangerous;

e) Aerated structure plantings, obtained by grouping curtains or rows of trees can better retain dust or even gaseous pollutants, than compact clumps, due to the filtering action of the former. To this end, the form and the composition of cross-sections of green barriers, function of the effects desired, and resulting from the draughts generated are to be closely studied;

f) it is necessary to place dust collecting plants by order of capacity: those that retain large particles are to be placed close to the source; and further off, those which stick to the smallest particles.

Once the elements which are to make up the curtains of protection are established, it is necessary to know what will be the form of the ground in which they will be distributed. To determine the form of future zones of protection deriving from pollution zones, the following three methods may be used:

1) the practical method which consists in zoning the values of pollutants in atmospheric air obtained through

soil studies, and by using numerous sampling stations of polluted air;

2) the mathematical methods which make possible the application of various computation formulas based on the laws of dispersion of pollutants (45, 50, 55);

3) the graphic method suggested by Holovsky (26). The first of these method makes it possible to obtain results which are closest to actual situations. However, it has the disadvantage of being rather costly (in terms of equipment, personnel, duration of research), and it can only be applied to the study of sources of pollution already operating.

The mathematical methods have higher potential when applied either to check zones polluted by already existing industries, or for determining such zones around future industries. By using the computation formulas, corrections due to meteorological and topographical factors on the location of the city can be introduced. To lessen the degree of error, 3, 4 or even 5 formulas can be used. Considering the actual trend towards simplifying theories, it must be foreseen that mathematical methods will be used in the future for determining the future zones polluted by the industries which will be built, and thereby the control zones to be planted (41, 44).

The third method is based on the setting up in the plan, of a "reverse" compass-card in the points of maximum emission of pollutants. The drawing of this compass-card should make it possible to frame the maximal area affected by pollution and which should be planted.

To obtain results that are as accurate as possible, it is recommended to apply at least two of the above mentioned methods.

Once the planting material and the form of the zone to be planted is determined, the last problem is to decide on the sizes of the green strips, their number, their direction, in terms of the factors analyzed above.

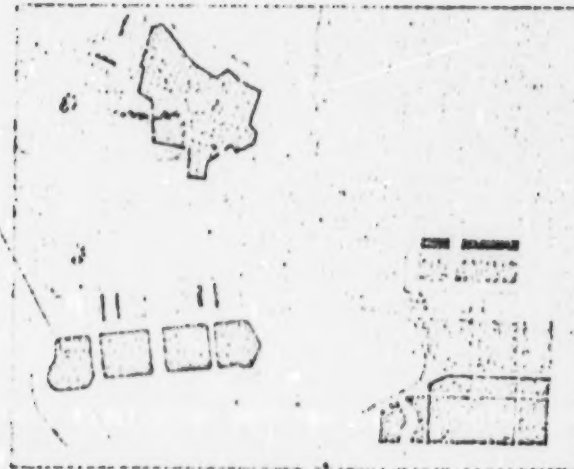


Figure 1

Example of separating residential zone
from industrial zones by planted pollution
control zones.

- in dark grey: industrial pollution zones
- in light grey: residential zones
- in hatching grey: Urban green spaces

- residential zone
- planted control zone
- industries
- railway stock
- parks
- River

prevailing wind

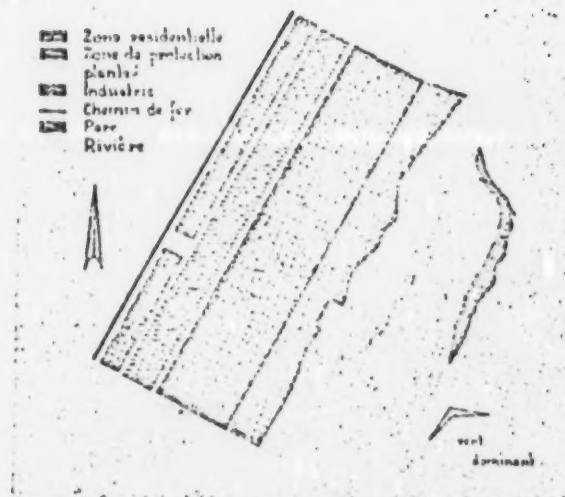


Figure 2

Diagram suggested for the city of Volgograd; planted control zone (hatching) between the industrial and the residential zone.

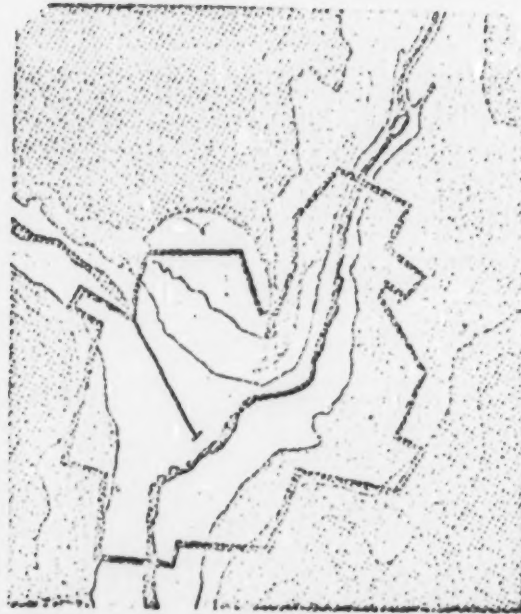


Figure 3

City of Berlin: zone affected by pollution,
extending in the direction of the axis of the
valley.

illegible

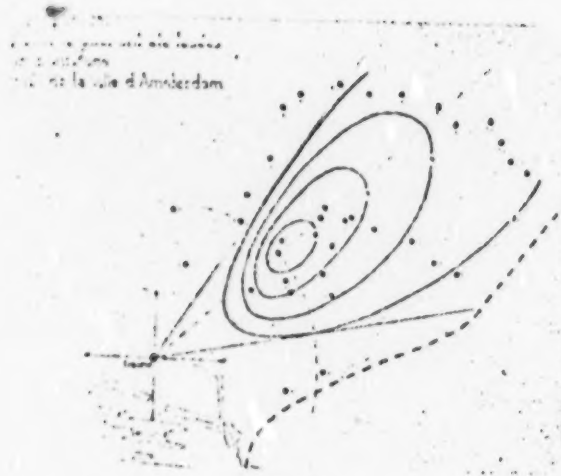


Figure 4

City of Amsterdam: zone of damaged
plantings.

Damages caused by sulphureous gaz
around an electric plant in
Czechoslovakia

(illegible)



Figure 5

Damages caused by sulphureous gaz around
an electric plant in Czechoslovakia (zones
that are not damaged are colored in dark
grey, damaged zones are in light and very
light grey).

(illegible)

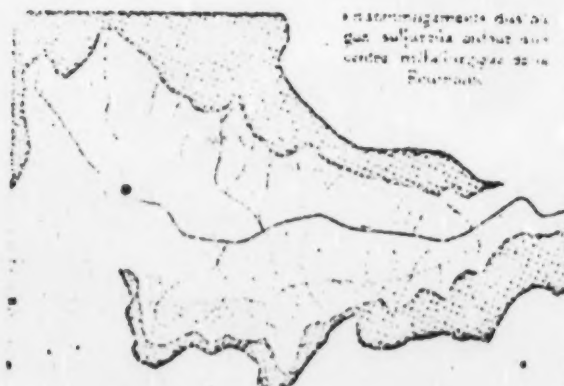


Figure 6

Damages caused by sulphureous gaz around a metallurgic plant in Romania (the zones which are not damaged are colored in dark grey, the damaged zones are in light and very light grey).

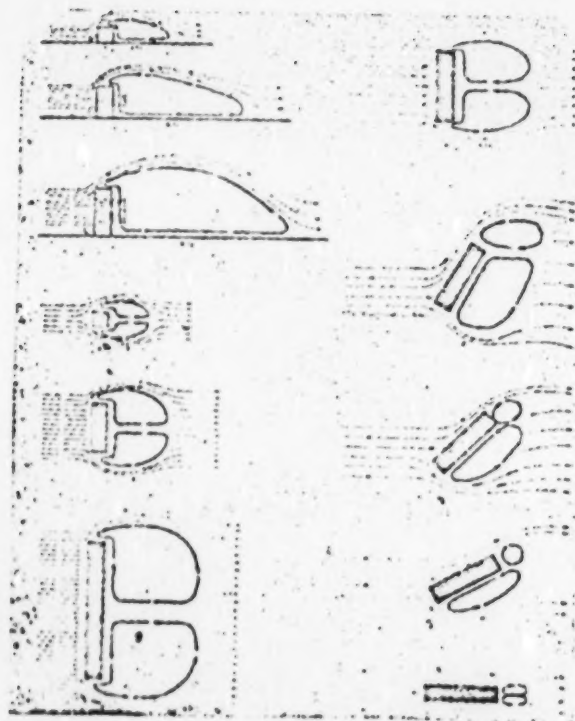


Figure 7

Diagram on local draughts generated
by buildings.

(illegible)

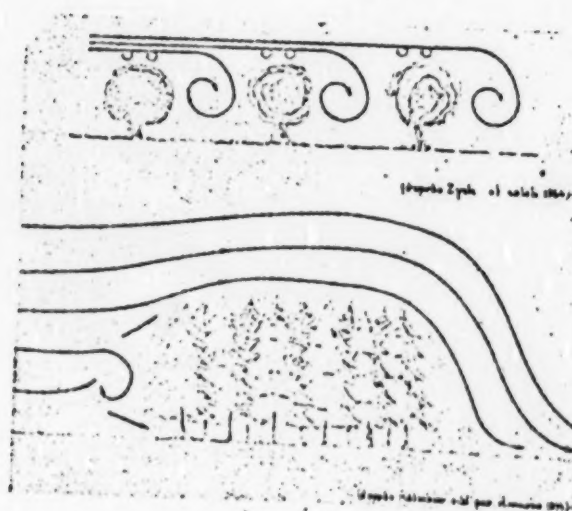


Figure 8

Draughts behind the plantings,
similar to draughts generated
by buildings.

Assemblage des éléments des espaces verts de protection sanitaire.

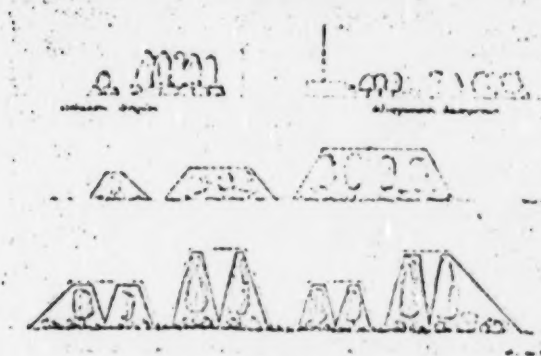


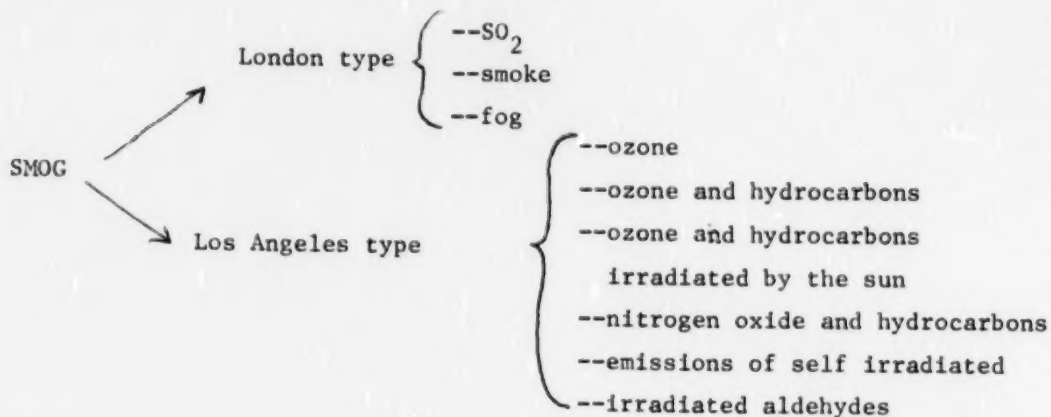
Figure 9

Assembling the elements of green spaces for sanitary protection.

TABLE I

Sulphurous Gas (the most widespread)

Flourides -hydroflouric acid (the most toxic)



Secondary Pollutants

- ethylene
- acid aerosols
- nitrogen oxides

Dusts

- cement dusts
- carbon dusts
- street dusts

Other pollutants

- chlorine -hydrochloric acid
- ammonia
- sulphuretted hydrogen

- cyanhydric acid
- mercury vapors
- carbon oxide

TABLE II

Species of Plants resistant to Pollutants

(Data on some European countries) (See legend at the end of the table)

(Plant) Plant	I			II	III		IV	V	VI	VII	VIII
	a	b	c		a	b					
Abies concolor balsamea						...					
Abies concolor	...					...					
Acer campestre	...	...				...	..				
Acer dasycarpum						...					
Acer ginnale	...			..			..				
Acer negundo	...	...		...	...	...	..				
Acer platanoides	..			..			..				
Acer saccharinum	..			...							
Acer pseudoplatanus	...		...	..			..				
Acer tataricum		...				...	..				
Actinidia Kolomicta						...					
Aesculus hippocastanum							..				
Agave americana						...					
Agropyron cristatum		...									
Ailanthus altissima				...		...	...				
Alnus carpinifolia											
Alnus glutinosa	..		...	..			...			...	
Alnus hollandica							...				
Alnus incana	...			..		...	...				
Alnus laevis							...				
Alyssum sp		...									
Amelanchier canadensis						...					
Amelanchier vulgaris						...					
Amorpha fruticosa			...	...		...					
Aristolochia manshuriensis						...					
Armeniaca manshurica						...					
Aster sp		...									
Bellis ferensis		...									
Bengis thumbergo							...				
Bengis vulgaris	...			...			...				
Betula sp		...							...		
Betula pubescens											
Betula verrucosa	...	...									
Buddleja davidi							...				
Buddleja hybrida	...										...
Buxus sempervirens						...					
Camelia japonica						...					
Camelia sasanqua						...					
Caragana arborescens				...		...					
Carex sp		...									
Carpinus							...				
Carpinus betulus		...	...				..				
Carpinus orientalis						...					
Catalpa bignoides	...		..								
Catalpa speciosa	...										
Cedrus atlantica						...					
Cedrus Libani						...					
Celtis australis		...									
Cerassus Mahaleb						...					
Cerassus vulgaris						...					
Cerastium bibersternii		...									
Chaenomeles						...					
Chaenomeles japonica		...									
Chamaecyparis Lansonique						...					
Coerula											
Colutea arborescens	...			..							
Communis var		...									
Cornus alba				...	...	...					
Cornus mas				..			...				
Cornus sanguinea	...	...		..		...					
Cornus sp		...									
Corylus avellana	...			...			...				
Corylus colurna	...			..							
Corylus manshurica						...					
Cotinus coggyria	...			...		...					
Cotoneaster divaricata				...							

TABLE II (cont'd)

Plante	I			II	III		IV	V	VI	VIII	VII
	a	b	c		a	b					
Cotoneaster horizontalis	...			.			...				
Cotoneaster integerrima	...			...							
Cotoneaster lucida							...				
Cotoneaster scutifolia							...				
Crataegus carierei							...				
Crataegus monogyna						...	...				
Crataegus sanguinea						...	...				
Cupressus sempervirens forma fastigiata							...				
Cydonia							...				
Deutzia sp	..			...	...		..				
Deutzia scabra	...	...		...		...	...		...		
Elaeagnus angustifolia	...	...		...		...	...		...		
Elaeagnus argentea				.	...	...					
Elaeagnus aurita					...						
Elaeagnus pungens						...					
Eucalyptus amygdalina						...					
Eucalyptus cinerea						...					
Eucalyptus globulus						...					
Eucalyptus viminalis						...					
Euonymus europaea	...			.		...	...				
Euonymus verrucosa	...		...	...		...	...				
Fagus sylvatica	...		...	...			...				
Forsythia octava				...			...				
Forsythia intermedia	...	...		.			...				
Forsythia suspensa	...	...		.	...		...				
Fraxinus americana	..			...	...	...	...		..		
Fraxinus excelsior	...			...		...	...				
Fraxinus pubescens	...			...		...	...				
Ginkgo biloba	...			...		...			...		
Gleditsia triacanthos						...	...		...		
Halimodendron halodendron							...				
Hebertia sp		...					...				
Ilex alba		...					...				
Iris sp		...									
Juniperus chinensis		...		..	...						
Juniperus communis	...	...		..	...						
Juniperus sabina	...		...	..		...			...		
Juniperus virginiana	...		...	..		...			...		
Laburnum anagyroides	...			...	...		...				
Laburnum spagyroides				...	...						
Larix dahurica			...			...	..			...	
Larix decidua			...			...	..				
Larix kaessleri						...	...				
Larix leptolepis						...	...				
Larix sibirica						...	...				
Laurus nobilis						...	...				
Ligustrum sp		...		.			...				
Ligustrum ovalifolium	...	...		.		...	...				
Ligustrum vulgare	...	...		.		...	...				
Lolium perenne											
Lonicera coemileia						...					
Lonicera Korolkowici	...	...		.	...	...	...				
Lonicera tatarica	...	...		.	...	...	...				
Lonicera xylosteum				...	...						
Magnolia grandiflora					...	...					
Mahonia sp		...									
Mahonia aquifolium		...				...	...				
Malus baccata		...									
Malus floribunda		...									
Malus manshurica						...	...				
Malus prunifolia						...	...				
Nerium oleander						...	...				
Olea europaea						...	...				
Padus virginiana						...	...				
Paenta sinensis		...									
Petunia hybrida		...			...						
Phellodendron amurense		...									
Philox sp		...					...				
Philadelphus	...			...		...					
Philadelphus coronarius	...			...		...					

TABLE II (cont'd)

Plante	I			II	III		IV	V	VI	VII	VIII
	a	b	c		a	b					
Philadelphus microphyllus						...					
Philadelphus Schrenkii Ruper						...					
Physocarpus Bumalda						...					
Physocarpus chamaedryfolia						...					
Physocarpus douglasii						...					
Physocarpus japonica						...					
Physocarpus media						...					
Physocarpus opulifolia						...					
Physocarpus van Houttei						...					
Picea abies							...				
Picea arborata							...				
Picea Engelmani				.		...					
Picea omorika				..		...					
Picea pungens glauca	...			..		...					
Pinus sp						...					
Pinus montana						...					
Pinus nigra		...	...			...					
Pinus Pallasiana						...					
Pinus pinea						...					
Pinus silvestris		...					...				
Pinus strobus										...	
Pirus communis							...				
Pirus contorta								...			
Pirus montana								...			
Pirus nigra		...						...			
Pirus ponderosa								...			
Pirus rigira								...			
Pirus salicifolia Pall						...					
Platanus									...		
Platanus acerifolia		...					...	...			
Platanus occidentalis						...					
Platanus orientalis						...					
Poa pratensis		...									
Pollanta		...									
Populus		...	...		...		...				
Populus alba	...	...			...	...					
Populus berolinensis						...					
Populus besolmensis				...		...	...				
Populus canadensis				...	...	...	...				
Populus candicana						...					
Populus euramericana				.		...					
Populus nigra	...		...	..		...	...				
Populus pyramidalis				..	...	...	...		..		
Populus polleana						...					
Populus robusta				..		...	...				
Populus Simonii						...					
Populus tremula				...						...	...
Prunus sp							...				
Prunus cerulata							...				
Prunus padus				...			...				
Prunus pissardi		...									
Prunus serotina				...							
Pseudotsuga taxifolia						...					
Pteris aquilina											
Pyracantha coccinea							...				
Quercus sp							...				
Quercus americana				...							
Quercus borealis		...									
Quercus coccinea						...					
Quercus Ilex						...					
Quercus pedunculata			...								
Quercus pedunculiflora			...					...			
Quercus petraea							...				
Quercus pubescens							...				
Quercus robur							...	...			
Quercus sessiliflora Salisb						...					
Ribes alpinum				.		...	..				
Ribes aureum	...	...		.		...					
Ribes sanguineum				..			...				
Robinia Bessoniana				...							

TABLE II (cont'd)

Plante	I			II	III		IV	V	VI	VII	VIII
	a	b	c		a	b					
Robinia pseudoacacia		...	...		...	...					
Rosa rugosa					...	...	...				
Rubus odoratum						...					
Salix sp						...					
Salix alba						...	...				
Salix argentea						...					
Salix Babylonica						...					
Salix caprea											
Salvia sp		...									
Saphora japonica	...	...				...					
Soc racemosa			...			...	...				
Sorbaria aitchisonii						...	...				
Sorbaria sorbifolia											...
Sorbus sp								...			
Sorbus aucuparis	...			...			...				
Sorbus hybrida				...			...				
Sorbus intermedia						...					
Sorbus torminalis						...					
Spiraea sp		...	...		...	...					
Spiraea arguta						...					
Spiraea bumalda	...						...				
Spiraea vantouttei	...						...				
Spiraea salicifolia		...			...	...					
Symphoricarpos	...					...					
Symphoricarpos albus						...					
Symphoricarpos racemosus			...		...	...					
Syringa sp					...	...					
Syringa amurensis						...					
Syringa emodi						...					
Syringa japonica						...					
Syringa Josikaea						...					
Syringa persica					...						
Syringa vulgaris	...										
Tagetes sp		...				...					
Tamarix odessana				...		...	...				
Tamarix parviflora				...		...					
Tamarix pentandra	...					...					
Tamarix tetrandra	...					...					
Taxus baccata											
Teconra radicans						...					
Thea hydrida		...	...	...							
Thuja sp	...	...	...	...	...						
Thuja occidentalis	...				...						
Tilia americana						...					
Tilia cordata						...					
Tilia euchlora						...					
Tilia tomentosa						...					
Trifolium repens		...				...					
Ulmus acacia						...					
Ulmus foliacea					...	...					
Ulmus laevis						...					
Ulmus pinnata-racemosa						...					
Viburnum sp		...				...					
Viburnum lanterna				...		...	...				
Viburnum lentago				...		...	...				
Viburnum opulus	...					...	...				
Viburnum tinus						...					
Virginiana		...				...					
Vitis sp					...	...					
Vitis amurensis						...					
Weigelia hybrida						...	...				

Legend for TABLE II

I. Romania

- (a) proof-plants recommended under the legislation on green spaces in citities
- (b) proof-plants suggested in the projects for protection zones
- (c) data from various soil studies on the resistance of plants to pollutants

II. Poland

III. Soviet Union

IV. Germany

V. The Netherlands

VI. Bulgaria

VII. Austria

VIII. Sweden

- (a) proof-plants recommended in the architect handbook
- (b) proof-plants recommended under the legislation on green spaces in the cities

TABLE III: Plants known for their capacity to retain dusts

Plants	gr/m.c	Soviet Union	Poland
Plante	gr/m.c	Union Soviétique	Pologne
Abies	.	*	
Picea	16,50	*	
Pinus		*	
Ulmus	3,99	*	*
Syringa	1,61	*	*
Betula	1,37	*	*
Tilia	1,32	*	
Acer platanoides	1,05	*	*
Populus	0,55	*	*
Platanus	—	*	
Fraxinus	—	*	
Morus	—	*	

TABLE IV

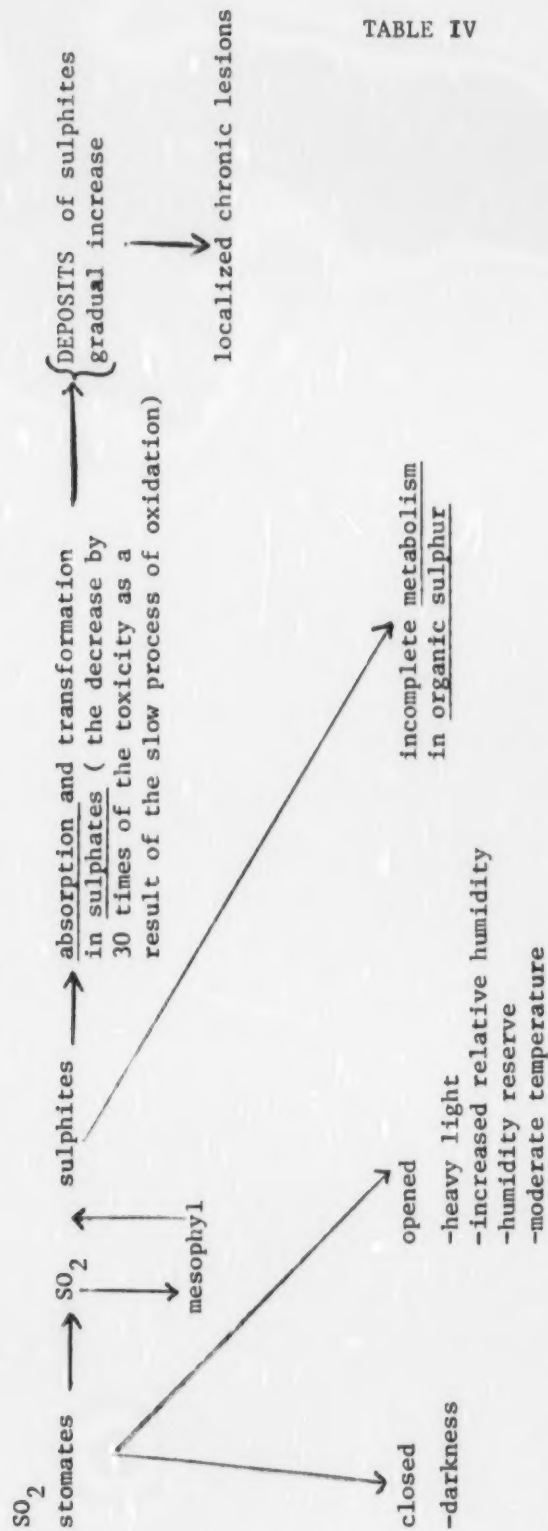


TABLE IV

BIBLIOGRAPHY

- [1] ADAMS, D.F. : Journal APCA, 1961, 11, nr. 10, p. 470-76.
- [2] ADAMS, D.F. : Journal APCA, 1963, 13, nr. 8, p. 360-62.
- [3] BENEDICT, M.H., ROSS, M.J., WADE, H.R. : Journal A.P.C.A., 1963, 15, nr. 6, p. 253-55.
- [4] BERINDAN Cornelia, RADU Lucia, RACZ Anamaria : Com. nr. 6, Const. medicala - Sinaia - 15-16 XI 1967.
- [5] BERIUSEV, K.G. : II Celostátní Bioklimatologická Konference v Liblicích, 3-5 XI 1958 - Shorník dokumentu - Nakladatelství Československé akademie Ved, Praha, 1960, p. 129-38.
- [6] BERIUSEV, K.G. : Kommunalnaia Ghighiena (pod red. prof. Riazanova, V.A.) Medghiz, Moskva, 1961, XXVI, p. 569-93.
- [7] BLANCHER, G. : Rev. Hyg. Méd. soc., 1963, 11, nr. 3, p. 219-37.
- [8] BRANDT, C.S. : Air Pollution - Stern Arthur C., Academic Press, New York and London, 1962, p. 255.
- [9] BRANDT, C.S. : Connecticut Medicine, 1963, 27, nr. 8, p. 484-87.
- [10] BRENNAN, E., LEDNE, A.L., DAINES, H.R. : Int. J. Air Wat. Poll., 1965, 9, nr. 12, p. 791-97.
- [11] CHANG, C.W., THOMSON, C.R. : Int. J. Air Wat. Poll., 1965, 9, nr. 11, p. 685-95.
- [12] CHASSERAUD, J. : Rev. Hyg. Méd. soc., 1965, 13, nr. 5, p. 375-95.
- [13] C.S.C.A.S. : Instr. tecn., p. 18-63, Buc., 1963.
- [14] CZAJA, A.Th. : Qualitas Plantarum et Materiae Vegetabiles, 1960, VII, p. 184-212.
- [15] CZAJA, A.Th. : Qualitas Plantarum et Materiae Vegetabiles, 1961, VIII.
- [16] CZAJA, A.Th. : Staub, 1962, 22, nr. 6, p. 228-32.
- [17] CZAJA, A.Th. : Fostarchiv, 1962, 33, Heft 5, p. 89-93.
- [18] DALANYI, L. : Deutsche Gartenarchitektur, 1961, nr. 2, p. 39-42.
- [19] DARLEY, E.F. : Fumi e Polveri, 1966, 6, nr. 10, p. 274-81.
- [20] ELENSKII, M. : Str.-vo i arhitektura, 1963, nr. 10, p. 26-28.
- [21] GUDERIAN, R. : Staub, 1961, 21, nr. 2, p. 60-61.
- [22] HALITSKY, J. : Journal APCA, 1962, 12, nr. 2, p. 74-78.
- [23] HECK, W.W. : Int. J. Air Wat. Poll., 1966, 10, nr. 2, p. 99-113.
- [24] HENCLIK, Z. : Warunki Zdrowotné w Planowaniu Miast, Materiały z Konferencji-Plock 23-30 XI 1961, p. 185-88.
- [25] HENNED, D. : Staubfilterung durch Grünanlagen, VEB-Verlag Technik, Berlin, 1955.
- [26] HOLOVSKY, M. : Arhitektura C S R, 1959, 13, nr. 4.
- [27] IZDEBSKI, A.M. : Ghig. i. San., 1949, 14, nr. 5, p. 18-21.

- [28] KALIUNIH, D.N. i dr. : Ghig. i San., 1952, 17, nr. 4, p. 9-12.
- [29] KALIUNIH, D.N., KOSTOVETKH, Ia. I : Ghig. i San., 1952, 17, nr. 7, p. 9-12.
- [30] KUT, V., TESAN, V., TUSE, M., SVOROVA, S. : III Celostátní Bioklimatologická Konference v Praze, 4-7 X 1961, Sborník dokumentu - Nakladatelství Československé akademie věd, Praha, 1963.
- [31] KENDINE, P. : * In quest of clean air for Berlin, New-Hampshire - Technical Report, Sec. tr. A 62-9, Robert A. Taft, Sanitary Engineering Center, Cincinnati, Ohio, 1962.
- [32] KISSER, J., HALDWACHS, G. : Allgemeine Forstzeitung, 1965, nr. 1, p. 4-11.
- [33] KOVALEY, A. : Arhitektura SSSR, 1962, nr. 3, p. 36.
- [34] KULAKOVSKI, K. : Gaz, Woda, Techn. san., 1966, XL, nr. 1, p. 19-20.
- [35] LEAVITT, M.J. : Journal APCA, 1960, 10, nr. 3, p. 245-50.
- [36] LUNTZ, I.B. : Gorodskoe zelenoe stroitel'stvo, Izdatel'stvo literatury po stroitel'stву, Moskva, 1966, p. 6-24.
- [37] MAIORESCU, E., CUCULANU, E., BLADA, I. : Revista padurilor, 1964, anul 79, nr. 12, p. 691-94.
- [38] MORE, H. : Japan Air Cleaning Assoc., 1966, 4, nr. 1, p. 13-18.
- [39] MORIS, H., CARSON, J.E., STROM, G.H. : Nuclear Safety, 1964, 6, nr. 1, p. 1-19.
- [40] MUSS, R.H. : Occupational Health Review, 1961, 13, nr. 2, p. 13-16.
- [41] NONHEBEL, G. : Int. J. Air Wat. Poll., 1965, 9, nr. 11, p. 763-66.
- [42] SCHIEFFER, F., PRZEMIECK, E., WILMS, W. : Staub, 1961, 21, nr. 6, p. 251-54.
- [43] SCHMIDT, F.N. : Symposium Air over Cities, Sec. Technical Report A 62-5, 6-7 XI 1961, Cincinnati, Ohio, Robert A. Taft Sanitary Engineering Center, p. 23-29.
- [44] SCORER, R.S. : Clean Air Conference 1965, First Technical Session, Paper 8.
- [45] SOBOLSKY, E. : III. Celostátní Bioklimatologická Konference v Praze, 4-7 X 1961, Sborník dokumentu, Nakladatelství Československé akademie věd, Praha, 1963, p. 353-64.
- [46] SOLOMON, L. i colab. : Studii si cercetari de igijena si sanatate publica, Bucuresti, 1960, p. 148-65.
- [47] SPIERINGS, F. : Atmospheric Environment, 1967, 1, nr. 3, p. 205-10.
- [48] STANESCU, V., NICU, M. : Revista padurilor, 1965, anul 80, nr. 5, p. 258-62.
- [49] SYMPOSIUM ON THE DISPERSION OF CHIMNEY GASES : Int. J. Air Wat. Poll., 1962, 6, p. 85-101.
- [50] SYMPOSIUM ON PLUME BEHAVIOR : Int. J. Air Wat. Poll., 1966, 10, p. 393-409.
- [51] SKVARIKOV, V.A. : Spravocinik projektirovscika-Gradostroitel'stvo, Gros. Izd. Lit. po Stroit. Arh. i Stroit. Mater., Moskva, 1963, p. 184-201.
- [52] THOMAS, M.D. : La Pollution de l'Air - OMS - Série de monographies, nr. 46, p. 237-87, Genève, 1963.
- [53] THOMAS, M.D., HENDRICKS, R.H., HILL, S.R. : Ing. Eng. Chem., 1950, 42, p. 2231-35.
- [54] THOMAS, M.D., HENDRICKS, R.H. : Air pollution Handbook (Magill, Holden, Ackley), McGraw Hill Inc., New York, Toronto, London, 1956, Chpt. 9 (1-41).
- [55] UJOV, V.N. : Sanitarnaja Ohrana Atmosfernovo Vozduha, Medghiz, Moskva, 1962.
- [56] WARREN SPRING LABORATORY : Recherches sur la pollution de l'air, The Curwen Press, London, 1966.
- [57] WRONSKI, W., ANDERSON, E.W., BERRY, A.E., BERNHART, A.P., BELYEA, H.A. : APCA Annual Meeting 1965, paper 65-10.
- [58] ZHAN, R. : Staub, 1961, 21, nr. 2, p. 56-60.
- [59] ZYCH, S., TARAJKOWSKA, Mieczysława, ZAWADZKA, Alina : Warunki Zdrowotne w Plagowaniu Miast, Materiały z Konferencji, Plock 28-30 XI 1961, Seria prac własnych, Warszawa, Zeszt 80, 1964, p. 47-61.

Interrelation pollution atmosphérique* et espaces verts en tant que principe protecteur des villes industrielles

TR. 6P

par Cornelia BERINDAN
Institut d'Hygiène de Cluj. (Roumanie).

Dans les conditions actuelles d'urbanisation et d'industrialisation, deux types de mesures s'imposent pour la prévention de la pollution atmosphérique :

- l'application de moyens techniques visant à retenir les polluants à leurs sources mêmes et,
- des mesures d'urbanisation précisées dans les plans d'aménagement des villes.

Dans le présent travail, nous allons discuter l'un des aspects de ces dernières : la protection des villes contre la pollution de l'air due aux sources industrielles, au moyen d'espaces verts.

De nombreux auteurs préconisent, à présent, la nécessité d'une zone qui sépare les industries pol-

luantes de l'air, des autres secteurs urbains [20, 24, 35]. Cette zone est obligatoirement prévue dans les plans d'aménagement des villes de certains pays [13, 51]. L'idée de planter cette zone a pour but d'augmenter son efficacité protectrice et, par conséquent, de réduire sa superficie, avantage essentiel, vu la crise de terrains urbains qui s'est généralisée de nos jours. La figure 1 présente les schémas de trois villes industrielles d'U.R.S.S. où la plantation de la zone de protection sanitaire assure un rapport d'emplacement rationnel et hygiénique des structures industries-zones résidentielles.

Ces « bandes vertes » sont reconnues comme moyen efficace de protection, même par ceux des auteurs qui n'envisagent pas la notion de « zone de protection sanitaire » [7, 12, 38, 57]. On cite ainsi le schéma de la ville linéaire proposée par Milijutin pour le développement de la ville de Volgograd, comme une des meilleures solutions du zonage urbain [25, 35, 40], dans laquelle un des éléments essentiels est « la barrière verte » (fig. 2).

Cependant, les résultats obtenus par l'aménagement des espaces verts de protection, de même que certains textes législatifs en vigueur, démontrent que, jusqu'à présent, les projets de plantation faits pour les zones de protection n'ont pas exploité toutes les possibilités offertes par l'application des connaissances acquises à ce propos, et qu'on n'a pas énoncé, de manière suffisamment claire et précise, les principes hygiéniques-sanitaires qui doivent décider de la structure de ces espaces [4, 18, 26, 28, 29].

Pour pouvoir élaborer ces principes sur une base scientifique, on doit connaître les phénomènes qui se produisent dans l'atmosphère des zones de protection : les plantes subissent l'action de l'air pollué, tout en modifiant, à leur tour, les caractéristiques de l'air atmosphérique et, quelques fois, de l'air pollué même.

* Nous publions cet article extrait de la « Tribune du Cèbedoc », n° 301 - Décembre 1968 - Editions Cèbedoc - 3, bd Frère-Orban - Liège (Belgique), que nous remercions bien sincèrement.

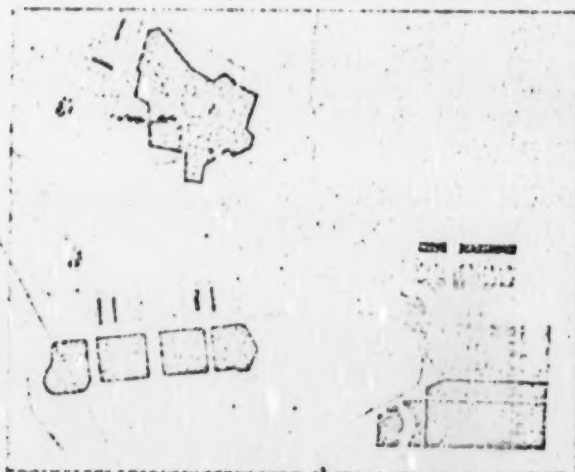


Figure 1

Exemple de séparation des zones résidentielles des zones industrielles par une zone de protection plantée.

- en gris foncé : les zones industrielles polluantes ;
- en gris clair : les zones résidentielles ;
- en gris hachuré : les espaces verts urbains.

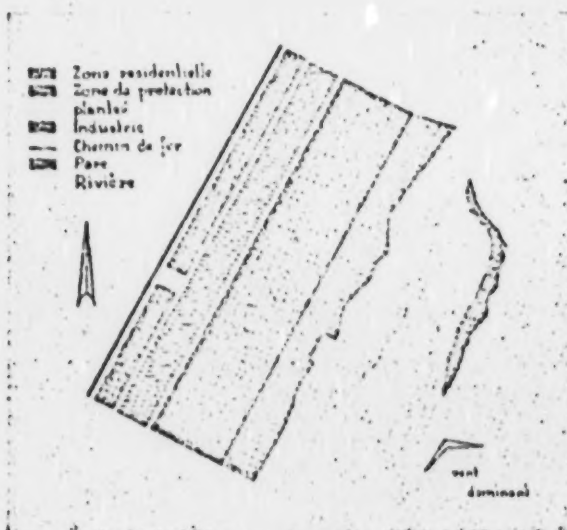


Figure 2

Schéma proposé pour la ville de Volgograd; zone de protection plantée (hachurée) entre la zone industrielle et la zone résidentielle.

Les plantes qui sont destinées à la plantation des zones de protection doivent, par conséquent, correspondre à deux objectifs essentiels : être des espèces résistantes, c'est-à-dire résister et se développer dans l'air atmosphérique pollué, et agir, à leur tour, sur l'atmosphère ambiante. D'où la nécessité de connaître les résultats des recherches réalisées en trois directions :

- l'action de l'air pollué sur les plantes ;
- l'action des plantes sur l'air atmosphérique en général ;
- l'action des plantes sur l'air pollué plus spécialement.

a) En ce qui concerne le premier de ces problèmes, à savoir l'action phytotoxique de certains polluants atmosphériques, elle est reconnue depuis bientôt un siècle. Les résultats de recherches extrêmement nombreuses peuvent servir à sélectionner plusieurs espèces résistantes pour la plantation des zones de protection. Nous présentons dans le tableau annexé I, les polluants connus pour leurs propriétés phytotoxiques. Il est à noter qu'il s'agit d'un domaine qui s'enrichit constamment de données nouvelles, ce qui pourrait obliger au regroupement des éléments de ce tableau. C'est le cas des poussières de ciments dont l'action agressive, inconnue ou contestée [42] a été démontrée après de longues et minutieuses recherches [14, 15, 16, 17, 19].

En ce qui concerne les connaissances acquises sur les polluants phytotoxiques, nous citons les éminentes synthèses faites par Thomas [52, 51] et par Brandt [8, 9] aux Etats-Unis.

La sensibilité des plantes laisse à supposer que celles-ci pourraient servir en tant qu'indicateurs de la

TABLEAU I

Polluants principaux

Gaz sulfureux (le plus répandu)

Fluorures - acide fluorhydrique (le plus toxique)

Smog	type londonien	— SO_2 fumée — brouillard	— ozone — ozone + hydrocarbures — ozone + hydrocarbures irradiés par le soleil — oxydes d'azote + hydrocarbures — émissions d'auto irradiées — aldéhydes irradiés
	type Los Angeles		
Polluants secondaires	— éthylène — acrosols, acides — oxydes d'azote		Poussières — poussières de ciment — poussières de charbon — poussières de la rue
		Autres polluants — chlore - acide chlorhydrique — ammoniac — hydrogène sulfuré	— acide cyanhydrique — vapeurs de mercure — oxyde de carbone

pollution atmosphérique [21, 23]. Dans le cas du SO_2 , il paraît même possible de tracer la forme d'ensemble de la distribution du polluant d'après une carte des lésions produites aux plantes par celui-ci. A l'appui de notre affirmation, nous présentons quatre cas, tirés des études faites aux Etats-Unis, aux Pays-Bas, en Tchécoslovaquie et en Roumanie [31, 43, 30, 37], (fig. 3, 4, 5 et 6). A remarquer l'allongement de la zone affectée dans le sens de l'axe de la vallée (fig. 3 et 6), correspondant à l'allongement de la rose des vents dans ces situations.

Afin d'obtenir un matériel adéquat pour la plantation des zones de protection et d'assurer le déve-

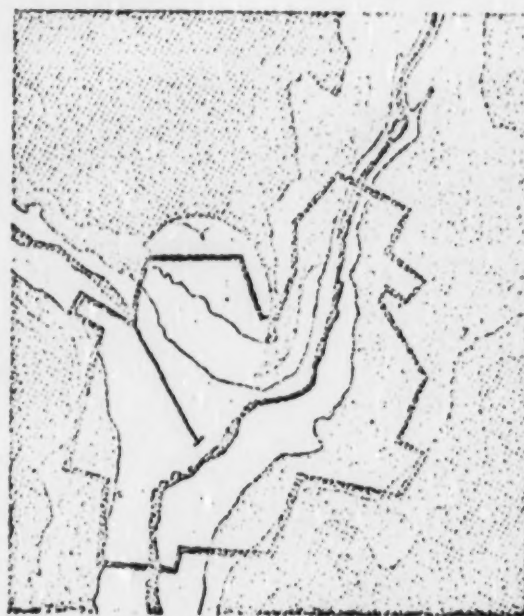


Figure 3

Ville de Berlin : zone affectée par la pollution, s'étendant dans le sens de l'axe de la vallée.

loppement des plantes dans des conditions climatiques variées, nous avons étudié comparativement les données de plusieurs pays européens. Il s'agit de la résistance générale des plantes au mélange de polluants produits par les industries, composé de SO_2 , fumées, etc. [5, 6, 32, 36, 37, 46, 48, 59].

Les résultats sont exposés dans le tableau II. On doit remarquer qu'il y a aussi une résistance spécifi-

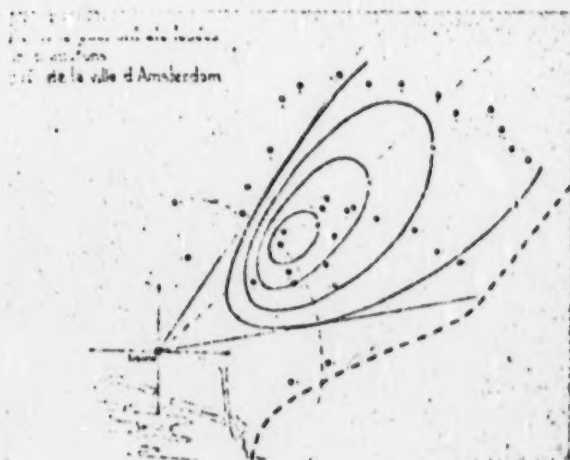


Figure 4

Ville d'Amsterdam : zone des plantations endommagées.



Figure 5

Endommagements dus au gaz sulfureux autour d'une centrale électrique, en Tchécoslovaquie (les zones non lésées sont en gris foncé, les zones lésées sont en gris clair et très clair).

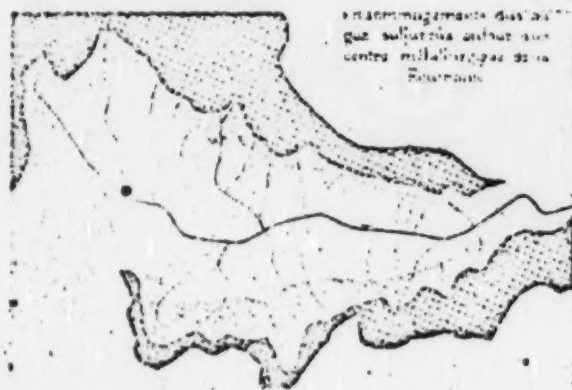


Figure 6

Endommagements dus au gaz sulfureux autour d'un centre métallurgique en Roumanie (les zones non lésées sont en gris foncé, les zones lésées sont en gris clair et très clair).

que de chaque plante à un certain polluant donné. Pour les principaux polluants, il faut établir des tableaux-guides basés sur cette résistance spécifique, similaires à ce qu'on a essayé aux Etats-Unis dans le but de déterminer les dégâts (expériences faites par O'Garra) [52].

b) Du point de vue hygiénique, l'action possible des plantations sur certaines caractéristiques de l'air atmosphérique (température, humidité, etc.), a fait elle aussi l'objet de nombreuses études [6, 7, 12, 25, 27, 59]. On peut citer, à ce sujet, le travail synthétique publié récemment par Luntz [36]. Ces résultats étant très bien connus, nous ne nous arrêterons que sur les aspects liés directement à la pollution de l'air, qui seront traités ci-dessous.

c) Le mode d'action des espaces verts sur l'air pollué est, par contre, moins bien approfondi. Nous devons cependant préciser, dès le début, qu'on ne peut parler de l'action des plantes isolées. Pour exercer une action réelle, les plantes doivent se trouver en masse car, isolées, leur rôle est presque nul.

A ce propos, nous pouvons distinguer deux possibilités d'action :

- l'action des plantations sur l'air pollué par des particules (poussières d'origines diverses) ;
- l'action des plantes sur l'air pollué par des substances à l'état gazeux.

Les principaux aspects de la première sont : la diminution de la vitesse du vent, le captage des poussières par les feuilles et aussi l'action des mouvements d'air locaux qui s'y constituent.

La réduction de la vitesse du vent est plus efficace dans le cas des plantations à structure « ajourée », qui déterminent une fragmentation du courant d'air qui atteint les espaces verts, l'obligeant à se séparer

TABLEAU II

ESPECES DE PLANTES RESISTANT AUX POLLUANTS
(Données de quelques pays européens) (Voir légende en fin de tableau)

Plante	I			II	III		IV	V	VI	VII	VIII
	a	b	c		a	b					
<i>Abies concolor balsamea</i>	...					...					
<i>Abies concolor</i>	...	...				...	..				
<i>Acer campestre</i>						...					
<i>Acer dasycarpum</i>	...					...					
<i>Acer ginnale</i>	...	...		..	...	...	..				
<i>Acer negundo</i>	...	...		..	...	...	..				
<i>Acer platanoides</i>	..			...			...				
<i>Acer saccharinum</i>	...			...			...				
<i>Acer pseudoplatanus</i>	...		...	..			..				
<i>Acer tataricum</i>		...				...	..				
<i>Actinidia Kolomieta</i>						...	..				
<i>Aesculus hippocastanum</i>							..				
<i>Agave americana</i>						...					
<i>Agropyron cristatum</i>		...				...	...				
<i>Ailanthus altissima</i>				...		...	...				
<i>Alnus carpinifolia</i>							...				
<i>Alnus glutinosa</i>	..		...	..			...			...	
<i>Alnus hollandica</i>							...				
<i>Alnus incana</i>	...			..		...	...				
<i>Alnus laevis</i>							...				
<i>Alyssum sp</i>		...									
<i>Amelanchier canadensis</i>						...	...				
<i>Amelanchier vulgaris</i>			...			...	...				
<i>Amorpha fruticosa</i>					...	...	...				
<i>Aristolochia manshuriensis</i>						...	...				
<i>Armeniaca manshurica</i>							...				
<i>Aster sp</i>		...									
<i>Bellis ferensis</i>		...									
<i>Bengis thumbergo</i>				...			...				
<i>Bengis vulgaris</i>	...			...			...				
<i>Betula sp</i>		...							...		
<i>Betula pubescens</i>											
<i>Betula verrucosa</i>	...	...									
<i>Buddleja davidi</i>							...				
<i>Buddleja hybrida</i>	...										...
<i>Buxus sempervirens</i>						...	...				
<i>Camelia japonica</i>						...	...				
<i>Camelia sasanqua</i>						...	...				
<i>Caragana arborescens</i>				...		...	...				
<i>Carex sp</i>		...									
<i>Carpinus</i>			...				...				
<i>Carpinus betulus</i>		...	...				...				
<i>Carpinus orientalis</i>						...	...				
<i>Catalpa bignoides</i>	...		..								
<i>Catalpa speciosa</i>	...										
<i>Cedrus atlantica</i>						...	...				
<i>Cedrus Libani</i>						...	...				
<i>Celtis australis</i>		...					...				
<i>Cerassus Mahaleb</i>						...	...				
<i>Cerassus vulgaris</i>		...				...	...				
<i>Cerastium bibersternii</i>		...				...	...				
<i>Chaenomeles</i>		...				...	...				
<i>Chaenomeles japonica</i>		...				...	...				
<i>Chamaecyparis Lansonique</i>											
<i>Coerula</i>											
<i>Colutea arborescens</i>	...		..	..							
<i>Communis var</i>		...									
<i>Cornus alba</i>				...	...	...	...				
<i>Cornus mas</i>				..		...	...				
<i>Cornus sanguinea</i>	...	...		..		...	...				
<i>Cornus sp</i>	...	...		...			...				
<i>Corylus avellana</i>	...			...			...				
<i>Corylus colurna</i>	...			...			...				
<i>Corylus manshurica</i>						...	...				
<i>Cotinus coggygia</i>	...			...		...					
<i>Cotoneaster divaricata</i>				...							

Plante	I			II	III		IV	V	VI	VIII	VII
	a	b	c		a	b					
Cotoneaster horizontalis				•			•••				
Cotoneaster integerrima	•••			•							
Cotoneaster lucida				•••							
Cotoneaster scutifolia							•••				
Crataegus carierei							••••				
Crataegus monogyna						•••	•••				
Crataegus sanguinea						•••	•••				
Cupressus sempervirens forma fastigiata						•••					
Cydonia							••••				
Deutzia sp					•••						
Deutzia scabra	••			•••			••				
Elaeagnus angustifolia	•••	•••		•••		•••	••••		•••		
Elaeagnus argentea				•		•••					
Elaeagnus aurita					•••						
Elaeagnus pungens						•••					
Eucalyptus amigdalina						•••					
Eucalyptus cinerea						•••					
Eucalyptus globulus						•••					
Eucalyptus viminalis						•••					
Euonymus europaea	•••			•		•••	••••				
Euonymus verrucosa				•••		•••					
Fagus sylvatica	•••		••••	••••			••••				
Forsythia octava				•••							
Forsythia intermedia				•••			••••				
Forsythia suspensa	•••	•••		•			••••				
Fraxinus americana					•••		••••				
Fraxinus excelsior	••			•••		•••	••••		••		
Fraxinus pubescens						•••					
Ginkgo biloba	•••			•••							
Gleditsia triacanthos						•••			••••		
Halimodendron halodendron							••••				
Hebernia sp		•••									
Ilex alba		•••					••••				
Iris sp		•••									
Juniperus chinensis				••							
Juniperus communis		•••		••	•••						
Juniperus sabina	•••										
Juniperus virginiana	•••		•••	••		•••			••••		
Laburnum anagyroides	••••						•••				
Laburnum spagyroides				•••							
Larix dahurica					•••						
Larix decidua			•••			•••	••			•••	
Larix kaessleri						•••					
Larix leptolepis							•••				
Larix sibirica						•••					
Laurus nobilis						•••					
Ligustrum sp						•••					
Ligustrum ovalifolium		•••		•							
Ligustrum vulgare	•••	•••		•		•••	••••				
Lolium perenne		•••									
Lonicera coerulea						•••					
Lonicera korolkowici						•••					
Lonicera tatarica	•••	•••		•	•••	•••	•••				
Lonicera xylosteum				•••							
Magnolia grandiflora					•••						
Mahonia sp					•••						
Mahonia aquifolium		•••				•••					
Malus baccata						•••					
Malus floribunda		•••									
Malus manshurica						•••					
Malus prunifolia						•••					
Nerium oleander						•••					
Olea europaea						•••					
Padus virginiana						•••					
Paonia sinensis		•••				•••					
Petunia hybrida		•••									
Phellodendron amurense					•••						
Philox sp		•••									
Philadelphus							•••				
Philadelphus coronarius	•••			•••		•••					

Plante	I			II	III		IV	V	VI	VII	VIII
	a	b	c		a	b					
Philadelphus microphyllus						...					
Philadelphus Schrenkii Rupr						...					
Physocarpus Bumalda						...					
Physocarpus chamaedryfolia						...					
Physocarpus douglasii						...					
Physocarpus japonica						...					
Physocarpus media						...					
Physocarpus opulifolia						...					
Physocarpus van Houttei						...					
Picea abies							...				
Picea arborata							...				
Picea Engelmani				..		...					
Picea omorika				..		...					
Picea pungens glauca	...					...					
Pinus sp						...					
Pinus montana						...					
Pinus nigra		...	...			...					
Pinus Pallasiana						...					
Pinus pinea						...					
Pinus silvestris		...					...				
Pinus strobus							...				
Pirus communis							...	...			
Pirus contorta							...	...			
Pirus montana							...	...			
Pirus nigra		...					...	...			
Pirus ponderosa							...	...			
Pirus rigira							...	...			
Pirus salicifolia Pall						...			...		
Platanus							...	...			
Platanus acerifolia		...				...	...	...			
Platanus occidentalis						...					
Platanus orientalis						...					
Poa pratensis		...									
Pellianta		...									
Populus			...		...		...				
Populus alba	...	...				...					
Populus berolinensis						...					
Populus besolmensis				...	...	...	...				
Populus canadensis				...	...	...	...				
Populus candicana						...					
Populus euramericana				..		...					
Populus nigra	...		...	..	...	...	...		..		
Populus pyramidalis				..		...	...				
Populus polleana						...	...				
Populus robusta				..		...	...				
Populus Simonii						...					
Populus tremula				...			...			...	...
Prunus sp							...				
Prunus cerulata							...				
Prunus padus				...			...				
Prunus pissardi		...									
Prunus serotina				...							
Pseudotsuga taxifolia							...				
Pteris aquilina							...				
Pyracantha coccinea				...			...				
Quercus sp							...				
Quercus americana				...							
Quercus borealis		...				...					
Quercus coccinea						...					
Quercus Ilex						...					
Quercus pedunculata			...								
Quercus pedunculiflora			...					...			
Quercus petraea											...
Quercus pubescens							...	...			
Quercus robur							...	...			
Quercus sessiliflora Salisb						...					
Ribes alpinum				..		...	..				
Ribes aureum	...	...		..		...	...				
Ribes sanguineum				..			...				
Robinia Bessoniana				...							

Plante	I			II	III		IV	V	VI	VII	VIII
	a	b	c		a	b					
Robinia pseudoacacia		...	...		...	...	...				
Rosa rugosa					...	...	...				
Rubus odoratum						...					
Salix sp						...				...	
Salix alba						...					
Salix argentea						...	...				
Salix Babylonica						...					
Salix caprea											
Salvia sp		...									
Saphora japonica	...	...				...					
Soc racemosa			...			...	...				
Sorbaria aitchisonii						...	...				
Sorbaria sorbifolia											...
Sorbus sp											
Sorbus aucuparis	...			...			...	...			
Sorbus hybrida				...			...				
Sorbus intermedia				...			...				
Sorbus terminalis						...					
Spiraea sp		...	...		...						
Spiraea arguta						...					
Spiraea bumalda	...			...							
Spiraea vantouttei	...						...				
Spiraea salicifolia		...			...	...					
Symphoricarpos						...					
Symphoricarpos albus	...			...		...					
Symphoricarpos racemosus			...		...	...					
Syringa sp											
Syringa amurensis						...					
Syringa emodi						...					
Syringa japonica						...					
Syringa Josikaea						...					
Syringa persica				...	...						
Syringa vulgaris	...			...							
Tagetes sp		...									
Tamarix odessana							...				
Tamarix parviflora				...			...				
Tamarix pentandra	...			...							
Tamarix tetrandra	...										
Taxus baccata											
Teconra radicans											
Thea hydrida		...									
Thuja sp		...	...	...							
Thuja occidentalis	...				...						
Tilia americana						...					
Tilia cordata						...					
Tilia euchlora						...					
Tilia tomentosa						...					
Trifolium repens		...									
Ulmus acacia						...					
Ulmus foliacea						...					
Ulmus laevis						...					
Ulmus pinnata-racemosa						...					
Viornum sp		...									
Viburnum lanterna				...		...					
Viburnum lentago				...		...					
Viburnum opulus	...					...	...				
Viburnum tinus						...					
Virginiana		...									
Vitis sp					...	...					
Vitis amurensis						...					
Weigelia hybrida							...				

I - Roumanie

a - plantes résistantes recommandées par la législation sur les espaces verts urbains

b - plantes résistantes proposées dans les projets de zones de protection

c - données des diverses études de terrain sur la résistance des plantes aux polluants.

II - Pologne

III - Union Soviétique

IV - Allemagne

V - Pays-Bas

VI - Bulgarie

VII - Autriche

VIII - Suède

a - plantes résistantes recommandées par le manuel de l'architecte

b - plantes résistantes recommandées par la législation sur les espaces verts urbains.

en courants plus petits [59]. Ceux-ci, traversant le massif planté, subissent l'action de filtrage qui, par la réduction de la vitesse générale, accélère le processus de sédimentation des particules les plus lourdes.

Le pouvoir des feuilles de retenir les poussières est fonction de la rugosité de leur surface. Le tableau

TABLEAU III

PLANTES CONNUES POUR LEUR CAPACITÉ
DE RETENTION DES POUSSIÈRES

Plante	gr/m.c	Union Soviétique	Pologne
Abies		*	
Picea	16,50	*	
Pinus		*	
Ulmus	3,99	*	*
Syringa	1,61	*	*
Betula	1,37	*	*
Tilia	1,32	*	*
Acer platanoides	1,05	*	*
Populus	0,55	*	*
Platanus	—	*	
Fraxinus	—	*	
Morus	—	*	

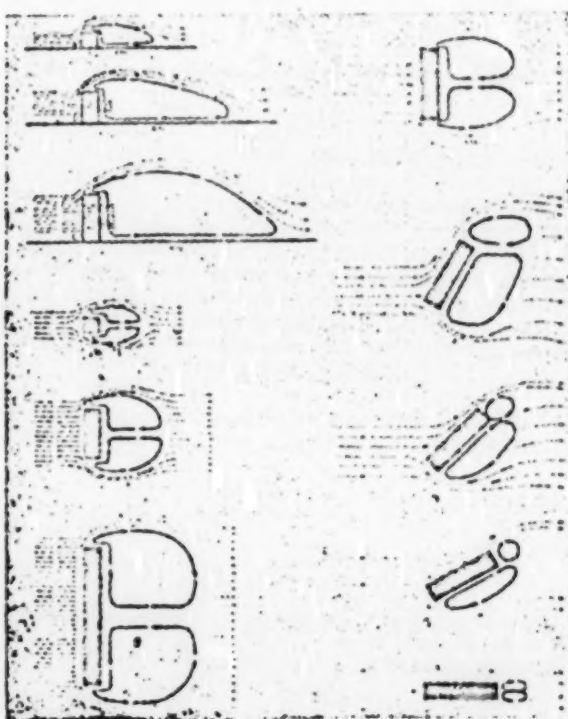


Figure 7

Schéma des mouvements d'air locaux engendrés par les bâtiments.

III indique quelques-unes des espèces dont la capacité de rétention a été vérifiée. En hiver cette capacité est beaucoup plus réduite. Pour assurer une action continue, les espèces du tableau III doivent être combinées avec des conifères, combinaison qui, vu la grande sensibilité de ces derniers, n'est plus efficace en cas de mélanges des poussières avec du SO_2 , par exemple.

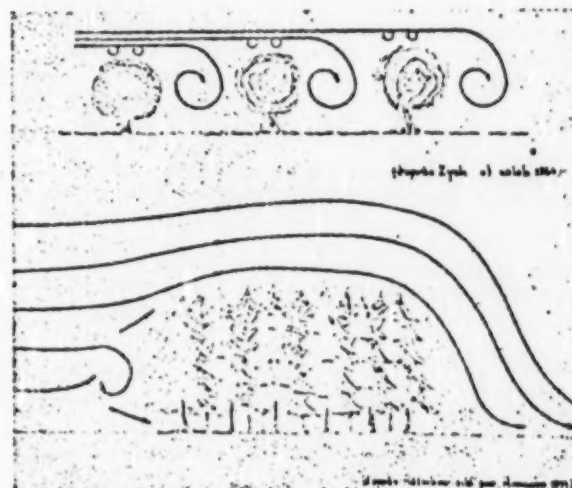


Figure 8

Mouvements d'air derrière les plantations, similaires aux mouvements engendrés par les bâtiments.

Le troisième aspect de la rétention des poussières par les plantes, l'action des tourbillons de succion, a fait l'objet des études de pollution atmosphérique, vu leur propriété de diriger les polluants du haut en bas, au niveau des voies respiratoires. Ce type de courants se constitue derrière tout obstacle suffisamment élevé qui s'oppose à la direction principale du vent [22, 39, 56], (fig. 7). On croit pouvoir utiliser cette propriété aussi pour drainer, au niveau du sol, les poussières portées par le vent de derrière les bandes de plantations [25, 59], (fig. 8). En cas de massifs très touffus, cependant, on peut obtenir le résultat peut-être inversé : le courant apportant les poussières sur les objectifs que l'on désire protéger [4]. Cet effet a été cité aussi par Hennebo comme résultats de ses propres déterminations [25]. En cherchant à utiliser ces courants, on essaye de grouper les plantations afin d'obtenir des sections transversales au profil varié (fig. 9).

PLANTES CONNUES POUR LEUR CAPACITÉ DE RETENTION DES POUSSIÈRES

Quant à l'action des espaces verts sur les polluants gazeux, elle est moins bien connue, les recherches dans cette direction étant plus limitées et de date plus récente. Il faut noter que, plus les recherches sont récentes, plus elles s'intéressent aux modifica-

tions biochimiques survenues dans les plantes, afin de mieux comprendre le mécanisme d'action de ces modifications [3, 10, 53, etc.].

Jusqu'à présent, on a établi la rétention du gaz sulfureux, du fluor, de l'hydrogène sulfuré et des oxydes d'azote [6, 7, 12, 28, etc.]. De tous ces mécanismes d'action, on connaît assez bien celui du SO_2 , dont le schéma est présenté dans le tableau IV [53]. Celui-ci explique la modalité d'adsorption du soufre par les plantes, où il peut cumuler jusqu'à un certain niveau qui, une fois dépassé, entraîne la dégradation de la plante.

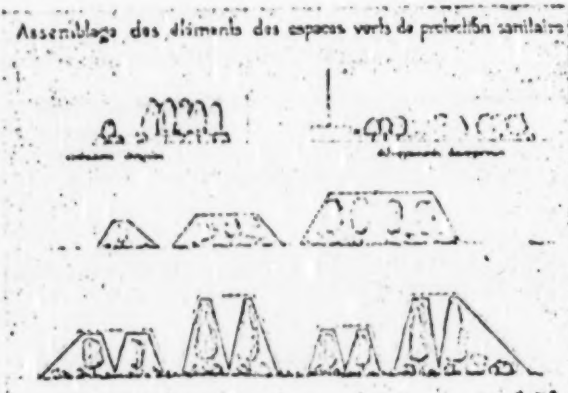


Figure 9

Assemblage des éléments des espaces verts de protection sanitaire.

Quant au fluor, on a étudié sa pénétration et cumulation dans les feuilles d'oranger [11] et de certains légumes [5]. Dans les plantes fourragères, la cumulation du fluor atteint parfois des niveaux qui provoquent la fluorose chez les animaux qui s'en nourrissent [52]. Des recherches expérimentales récentes concernant la cumulation du chlore ont démontré que, dans trois espèces de plantes, cette cumulation n'a pas lieu, indépendamment de la concentration du chlore dans le milieu ambiant [10].

Les recherches à ce sujet sont poursuivies à deux fins : d'une part, pour élargir la gamme de polluants

étudiés, par suite de l'extrême diversification des industries modernes ; d'autre part, pour créer des conditions d'expériences proches, autant que possible, des conditions naturelles, pour approfondir l'étude des processus de rétention et de réactivité individuelle des diverses plantes [1, 47].

Nous ne mentionnerons qu'en passant le rôle des espaces verts pour la protection contre le bruit [4, 6, 7, 36] engendré par certaines sources industrielles, ainsi que leur rôle, moins évident, dans la lutte contre la pollution de l'air par les odeurs [34].

••

Des faits ci-dessus, on peut dégager quelques idées-guides pour l'aménagement des espaces verts de protection sanitaire :

a) la nécessité d'une corrélation entre le type et la concentration du polluant et le degré de résistance des plantes ;

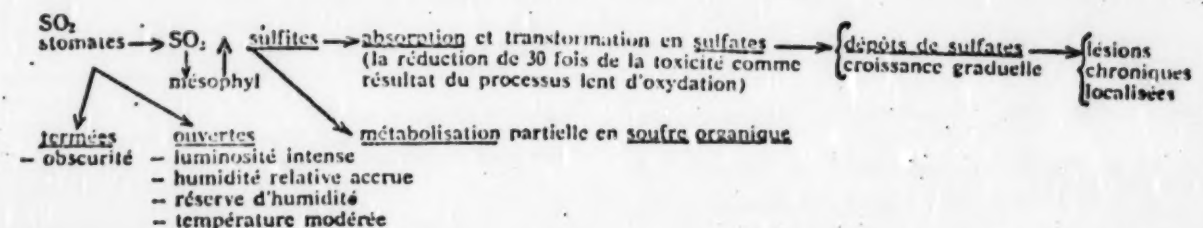
b) la nécessité de vérifier, par des recherches autochtones et par l'expérience de plusieurs pays, les résultats sur la résistance des plantes, car l'application non contrôlée des résultats pourrait conduire à des solutions erronées ou inefficaces ;

c) pour chaque situation, on doit connaître le degré de toxicité du polluant ou du mélange de polluants, afin de choisir les espèces ayant une résistance spécifique adéquate ;

d) quant à la hauteur des plantations, on doit recommander, en premier lieu, de planter des arbres, des arbustes ou des arbrisseaux et, seulement pour compléter le pouvoir de rétention, des tapis d'herbe. Les fleurs viennent en dernière instance, dans le but de décorer les voies de circulation. De même les arbres fruitiers, à condition qu'ils soient résistants et ne soient pas exposés à une accumulation de toxiques, sinon, leur plantation sera inutile, onéreuse et quelquefois même dangereuse ;

e) les plantations de structure aérée, obtenues en groupant des rideaux ou des rangées d'arbres, peuvent mieux retenir les poussières, voire les polluants gazeux, que les massifs compacts, étant donnée l'action filtrante des premières. A ce sujet, on doit étu-

TABLEAU IV



dier attentivement la forme et la composition de la section transversale des barrières vertes, fonction des effets qu'on désire obtenir, comme conséquence des courants d'air engendrés ;

1) il faut placer les plantes captatrices de poussières en fonction de leur capacité : tout près de la source, celles qui retiennent les grosses particules ; plus éloignées, celles auxquelles adhèrent les particules les plus fines

Les éléments qui doivent constituer les rideaux de protection une fois établis, on doit savoir quelle sera la forme du terrain dans lequel ils seront distribués. Pour déterminer la forme des futures zones de protection dérivant des zones de pollution, on peut recourir aux trois méthodes suivantes :

1) la méthode pratique qui consiste dans le zonage des valeurs de polluants dans l'air atmosphérique obtenues par des études de terrain, à l'aide de plusieurs stations de prélèvement d'échantillons d'air pollué ;

2) les procédés mathématiques, qui permettent l'application de différentes formules de calcul basées sur les lois de la dispersion des polluants [45, 50, 55] ;

3) le procédé graphique proposé par Holovsky [26].

La première de ces méthodes permet d'obtenir les résultats les plus rapprochés de la situation réelle. Elle a toutefois le désavantage d'être plutôt coûteuse (matériel, personnel, durée de recherches) et de ne pouvoir s'appliquer que pour l'étude des sources de pollution déjà en fonction.

Les procédés mathématiques présentent des possibilités d'application plus larges, soit pour vérifier les zones polluées par des industries déjà existantes, soit pour la détermination de ces zones autour des industries prévues. En utilisant les formules de calcul, on peut introduire des corrections dues aux facteurs météorologiques et topographiques de l'emplacement de la ville. Pour réduire aussi le degré d'erreur on peut recourir parallèlement à 3, 4 ou même 5 formules. Etant donné la tendance actuelle de simplifier les théories, il est à prévoir que les procédés mathématiques seront les procédés de l'avenir pour déterminer les futures zones polluées par les industries à construire et, partant, les zones de protection que l'on doit planter [41, 44].

La troisième méthode est basée sur l'établissement, dans le plan, d'une rose des vents « inverse » dans les points d'émission maxima de polluants. Le tracé de cette rose doit permettre d'encadrer la superficie maximale affectée par la pollution, et qui doit être plantée.

Pour obtenir des résultats précis, autant que possible, on recommande d'appliquer au moins deux des procédés ci-dessus.

Une fois déterminé le matériel de plantation et la

forme de la zone qui doit être plantée, le dernier problème à résoudre sera d'établir les dimensions des bandes vertes, leur nombre et leur orientation, fonction des facteurs analysés plus haut.

LITTÉRATURE

- [1] ADAMS, D.F. : Journal APCA, 1961, 11, nr. 10, p. 470-76.
- [2] ADAMS, D.F. : Journal APCA, 1963, 13, nr. 8, p. 360-62.
- [3] BENEDICT, M.H., ROSS, M.J., WADE, H.R. : Journal A.P.C.A., 1965, 15, nr. 6, p. 253-55.
- [4] BERINDAN Cornelia, RADU Lucia, RACZ Anamaria : Com. nr. 6, Conf. medicala - Sinaia - 15-16 XII 1967.
- [5] BERIUSEV, K.G. : II Celostátní Bioklimatologická Konference v Liblicích, 3-5 XI 1954 - Sborník dokumentu - Nakladatelství Československé akademie Ved, Praha, 1960, p. 129-33.
- [6] BERIUSEV, K.G. : Kommunalnaia Ghighiena (pod red. prof. Riazanova, V.A.) Medghiz, Moskva, 1961, XXVI, p. 569-93.
- [7] BLANCHER, G. : Rev. Hyg. Méd. soc., 1963, 11, nr. 3, p. 219-37.
- [8] BRANDT, C.S. : Air Pollution - Stern Arthur C., Academic Press, New York and London, 1962, p. 255.
- [9] BRANDT, C.S. : Connecticut Medicine, 1963, 27, nr. 8, p. 484-87.
- [10] BRENNAN, E., LEONE, A.I., DAINES, H.R. : Int. J. Air Wat. Poll., 1965, 9, nr. 12, p. 791-97.
- [11] CHANG, C.W., THOMSON, C.R. : Int. J. Air Wat. Poll., 1965, 9, nr. 11, p. 685-95.
- [12] CHASSERAUD, J. : Rev. Hyg. Méd. soc., 1965, 13, nr. 5, p. 375-95.
- [13] C.S.C.A.S. : Instr. tecn., p. 18-63, Buc., 1963.
- [14] CZAJA, A.Th. : Qualitas Plantarum et Materiae Vegetabiles, 1960, VII, p. 184-212.
- [15] CZAJA, A.Th. : Qualitas Plantarum et Materiae Vegetabiles, 1961, VIII.
- [16] CZAJA, A.Th. : Staub, 1962, 22, nr. 6, p. 228-32.
- [17] CZAJA, A.Th. : Fostarchiv, 1962, 33, Heft 5, p. 89-93.
- [18] DALANYI, L. : Deutsche Gartenarchitektur, 1961, nr. 2, p. 39-42.
- [19] DARLEY, E.F. : Fumi e Polveri, 1966, 6, nr. 10, p. 274-81.
- [20] ELENSKII, M. : Str.-vo i arhitektura, 1963, nr. 10, p. 26-28.
- [21] GUDERIAN, R. : Staub, 1961, 21, nr. 2, p. 60-61.
- [22] HALITSKY, J. : Journal APCA, 1962, 12, nr. 2, p. 74-78.
- [23] HICK, W.W. : Int. J. Air Wat. Poll., 1966, 10, nr. 2, p. 99-113.
- [24] HENCLIK, Z. : Warunki Zdrowotne w Planowaniu Miast, Materiały z Konferencji-Plock 23-30 XI 1961, p. 185-88.
- [25] HENNIG, D. : Staubfilterung durch Grünanlagen, VEB-Verlag Technik, Berlin, 1955.
- [26] HOLOVSKY, M. : Arhitektura C S R, 1959, 18, nr. 4.
- [27] IZDESKI, A.M. : Ghig. i. San., 1949, 14, nr. 5, p. 18-21.

- [28] KALUJNII, D.N. i dr. : Ghig. i San., 1952, 17, nr. 4, p. 9-12.
- [29] KALUJNII, D.N., KOSTOVETKII, Ia. I : Ghig. i San., 1952, 17, nr. 7, p. 9-12.
- [30] KART, V., TSEAR, Y., TUSL, M., SVORCOVA, S. : III Celostátní bioklimatologická konference v Praze, 4-7 X 1961, Sborník dokumentu - Nakladatelství Československé akademie věd, Praha, 1963.
- [31] KENLINE, P. : In quest of clean air for Berlin, New-Hampshire - Technical Report, Sec. tr. A 67-9, Robert A. Taft, Sanitary Engineering Center, Cincinnati, Ohio, 1962.
- [32] KISSER, J., HALDWACHS, G. : Allgemeine Forstzeitung, 1965, nr. 1, p. 4-11.
- [33] KOVALEY, A. : Arhitektura SSSR, 1962, nr. 3, p. 36.
- [34] KULAKOVSKI, K. : Gaz, Woda, Techn. san., 1966, XL, nr. 1, p. 19-20.
- [35] LEAVITT, M.J. : Journal APCA, 1960, 10, nr. 3, p. 245-50.
- [36] LUNIN, I.B. : Gorodskoe zelenoe stroitel'stvo, Izdatel'stvo literatury po stroitel'stvu, Moskva, 1966, p. 6-24.
- [37] MAIORESCU, E., CUCUTANU, E., BLADA, I. : Revista padurilor, 1964, anul 79, nr. 12, p. 691-94.
- [38] MORI, H. : Japan Air Cleaning Assoc., 1966, 4, nr. 1, p. 13-18.
- [39] MORF, H., CARSON, J.E., STROM, G.H. : Nuclear Safety, 1964, 6, nr. 1, p. 1-19.
- [40] MUSS, R.P. : Occupational Health Review, 1961, 13, nr. 2, p. 13-16.
- [41] NONHEBEL, G. : Int. J. Air Wat. Poll., 1965, 9, nr. 11, p. 763-66.
- [42] SCHEFFER, F., PRZENIECK, E., WILMS, W. : Staub, 1961, 21, nr. 6, p. 251-54.
- [43] SCHMIDT, F.N. : Symposium Air over Cities, Sec. Technical Report A 62-5, 6-7 XI 1961, Cincinnati, Ohio, Robert A. Taft Sanitary Engineering Center, p. 23-29.
- [44] SCORER, R.S. : Clean Air Conference 1965, First Technical Session, Paper 8.
- [45] SODICKY, E. : III. Celostátní Bioklimatologická konference v Praze, 4-7 X 1961, Sborník dokumentu, Nakladatelství Československé akademie věd, Praha, 1963, p. 253-64.
- [46] SOLIMAN, L. si colab. : Studii si cercetari de igijana si sanatate publica, Bucuresti, 1960, p. 148-63.
- [47] SPIERINGS, F. : Atmospheric Environment, 1967, 1, nr. 3, p. 205-10.
- [48] STANESCU, V., NICU, M. : Revista padurilor, 1965, anul 80, nr. 5, p. 258-62.
- [49] SYMPOSIUM ON THE DISPERSION OF CHIMNEY GASES : Int. J. Air Wat. Poll., 1962, 6, p. 85-101.
- [50] SYMPOSIUM ON PLUME BEHAVIOR : Int. J. Air Wat. Poll., 1966, 10, p. 393-409.
- [51] SKVARIKOV, V.A. : Spravocnik proektirovscika-Gradostroitel'stvo, Gros. Izd. Lit. po Stroitu. Arh. i Stroitu. Mater., Moskva, 1963, p. 184-201.
- [52] THOMAS, M.D. : La Pollution de l'Air - OMS - Série de monographies, nr. 46, p. 237-87, Genève, 1963.
- [53] THOMAS, M.D., HENDRICKS, R.H., HILL, S.R. : Ing. Eng. Chem., 1950, 42, p. 2231-35.
- [54] THOMAS, M.D., HENDRICKS, R.H. : Air pollution Handbook (Magill, Holden, Ackley), McGraw Hill Inc., New York, Toronto, London, 1956, Chpt. 9 (1-44).
- [55] UJOV, V.N. : Sanitarnaja Ohrana Atmosfernovo Vozduha, Medghiz, Moskva, 1962.
- [56] WARREN SPRING LABORATORY : Recherches sur la pollution de l'air, The Curwen Press, London, 1966.
- [57] WRONSKI, W., ANDERSON, E.W., BERRY, A.E., BERNHART, A.P., BELYEA, H.A. : APCA Annual Meeting 1965, paper 65-10.
- [58] ZHAN, R. : Staub, 1961, 21, nr. 2, p. 56-60.
- [59] ZYCH, S., TARAJKOWSKA, Mieczysława, ZAWADZKA, Alina : Warunki Zdrowotne w Planowaniu Miaszt, Materialy z Konferencji, Plock 23-30 XI 1961, Seria prac własnych, Warszawa, Zeszt 80, 1964, p. 47-61.